SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA

Podręcznik przeznaczony jest głównie dla studentów kierunku *budownictwo* studiujących w trybie stacjonarnym lub zaocznym studiów I stopnia (inżynierskich). Może być również wykorzystany przez studentów *architektury, inżynierii środowiska* i pokrewnych wydziałów wyższych uczelni technicznych i zawodowych oraz studentów wyżej wymienionych kierunków studiów II stopnia (magisterskich).

Treść podręcznika zawiera materiał uzupełniający zakres wiadomości przekazywanych na wykładach i ćwiczeniach przedmiotu *mechanika budowli* objętych programem studiów. Przedstawione zadania mogą być również wykorzystane przez inżynierów budownictwa, którzy w swej praktyce zawodowej zajmują się projektowaniem konstrukcji. Dotyczą one statyki, dynamiki i stateczności statycznie wyznaczalnych i niewyznaczalnych płaskich układów prętowych.

Zakładamy, że Czytelnicy są przygotowani do analizy zadań zawartych w niniejszym opracowaniu. Oznacza to, że znają odpowiednie pojęcia, twierdzenia i definicje wykorzystywane w przykładach obliczeń. Przytaczane są one w rozwiązaniach bez wyjaśnień, ponieważ podstawy teoretyczne są przedmiotem wykładów i ćwiczeń *mechaniki teoretycznej i stosowanej, wytrzymałości materiałów i mechaniki budowli.*

Zbiór zadań składa się z dziewięciu zasadniczych rozdziałów. Pierwszy zawiera wyznaczanie linii wpływu reakcji i sił przekrojowych w belkach, kratownicach i łukach trójprzegubowych statycznie wyznaczalnych. Omówiono w nim również wyznaczanie linii wpływu przemieszczeń w belkach prostych.

W rozdziale drugim zebrano zadania dotyczące obliczania przemieszczeń w belkach, ramach, kratownicach i łukach statycznie wyznaczalnych z zastosowaniem równania pracy wirtualnej. W obliczeniach przemieszczeń przedstawiono rozwiązania w postaci analitycznej.

Trzeci rozdział to przykłady obliczeń układów prętowych metodą sił. Zadania dotyczą belek, ram i łuków statycznie niewyznaczalnych. Przedstawiono w nim również wyznaczanie linii wpływu wielkości statycznych belki ciągłej.

Czwarty rozdział poświęcony jest rozwiązywaniu ram płaskich metodą przemieszczeń.

W rozdziale piątym zadania poświęcono wyznaczaniu sił krytycznych w belkach i ramach. Do prezentowanych obliczeń zastosowano metodę przemieszczeń.

W rozdziale szóstym zaprezentowano zadania dotyczące analizy zginania prętów z uwzględnieniem działania sił osiowych.

W rozdziale siódmym przedstawiono zadania z dynamiki prostych układów prętowych. Dotyczą one drgań własnych, nietłumionych i harmonicznie wymuszonych układów o dyskretnym rozkładzie masy. Część rozdziału poświęcono wyznaczeniu częstości drgań własnych i wzorów transformacyjnych dla belek o wybranych schematach statycznych.

Rozdział ósmy stanowi podsumowanie treści zawartych w rozdziałach poprzednich.

Rozdział dziewiąty poświęcony jest w całości analizie konstrukcji prętowych: prętów prostych, belek i ram w ujęciu macierzowym. W rozdziale tym zawarte są podstawy numerycznej analizy konstrukcji.

Rozdział pierwszy poprzedzony jest krótkim wstępem. Zawiera on przypomnienie podstawowych założeń i twierdzeń, z których korzysta się w rozwiązywaniu zadań przytoczonych w skrypcie.

Ostatnią częścią skryptu jest spis wybranych pozycji bibliograficznych związanych z tematyką prezentowanych treści.

W większości przykładów obliczeń nie przedstawiono opisu użytych symboli, zakładając, że są one Czytelnikom znane. Dotyczy to powszechnie stosowanych oznaczeń charakteryzujących parametry przekrojów prętów (moment bezwładności J, moment statyczny S, pole powierzchni A) czy stałych materiałowych, jak na przykład moduł Younga E, moduł Kirchhoffa G, współczynnik Poissona ν. Wymiary konstrukcji podane są w *metrach*. Standardowe równania równowagi zapisywano, używając powszechnie stosowanych symboli, takich jak ΣX i ΣY (sumy rzutów sił na osie współrzędnych) czy ΣM (suma momentów statycznych sił).

Autorzy

Wstęp

Poniżej zestawione zostały podstawowe założenia i twierdzenia, z których korzysta się w rozwiązywaniu zadań z mechaniki budowli.

- Konstrukcje prętowe wykonane są z materiału jednorodnego i izotropowego. Obciążenie rozważanych układów nie powoduje przekroczenia granicy sprężystości. Zależność między przemieszczeniami a obciążeniami jest liniowa. Obowiązuje prawo Hooke'a. Cechy fizyczne materiału jednoznacznie określają dwie stałe. Najczęściej są to: moduł Younga E (moduł sprężystości) lub moduł Kirchhoffa G (moduł odkształcenia postaciowego) oraz współczynnik Poissona – ν.

- Analizowane układy są geometrycznie niezmienne, dla których wypadkowy wektor wszystkich sił czynnych (obciążenia konstrukcji) i sił biernych (reakcje w więzach podporowych konstrukcji) oraz wektor momentów wszystkich sił są wektorami zerowymi.

- Obciążenia konstrukcji przyłożone są w sposób powolny i równomiernie narastający. Wywołane przez nie przemieszczenia są małe w porównaniu z wymiarami konstrukcji.

- Więzy, na których opierają się układy konstrukcyjne są idealne. Pomija się w nich luzy i tarcie.

- Obowiązuje *zasada superpozycji skutków*: skutek (np. przemieszczenie) wywołany przez kilka przyczyn (np. jednoczesne działanie kilku sił) jest równy sumie skutków wywołanych przez działanie każdej przyczyny oddzielnie.

- Równania równowagi zapisuje się dla obciążonej siłami uogólnionymi przed wystąpieniem przemieszczeń. Założenie to nosi nazwę *zasady zesztywnienia*.

- W analizie stateczności konstrukcji stosuje się tak zwaną teorię drugiego rzędu, w której równania równowagi formułowane są w stanie odkształconym konstrukcji. Jest to odstępstwo od *zasady zesztywnienia*.

- W obu powyższych przypadkach schemat statyczny układu nie zależy od obciążenia konstrukcji.

- Obowiązuje zasada o wzajemności prac (twierdzenie Bettiego) oraz trzy zasady, będące jej konsekwencją:
    - zasada o wzajemności przemieszczeń (twierdzenie Maxwella)
    - zasada o wzajemności reakcji (twierdzenie Rayleigha)
    - zasada o wzajemności reakcji i przemieszczeń
- Przyjmuje się, że również w prętach zakrzywionych i łukach spełniona jest zasada płaskich przekrojów Bernoulliego, która obowiązuje w prętach prostych: przekroje prętów pozostają płaskie po obciążeniu. Doznają one przemieszczeń liniowych i obrotów jak tarcze sztywne.